

# HEAD-MOUNT DISPLAY DEVICE

**Publication number:** JP8036143

**Publication date:** 1996-02-06

**Inventor:** KIKUCHI MASAHIRO; MATSUOKA TAKESHI

**Applicant:** CASIO COMPUTER CO LTD

**Classification:**

- **International:** G02C9/00; G02B27/02; H04N5/64; G02C9/00;  
G02B27/02; H04N5/64; (IPC1-7): G02B27/02;  
G02C9/00; H04N5/64

- **European:**

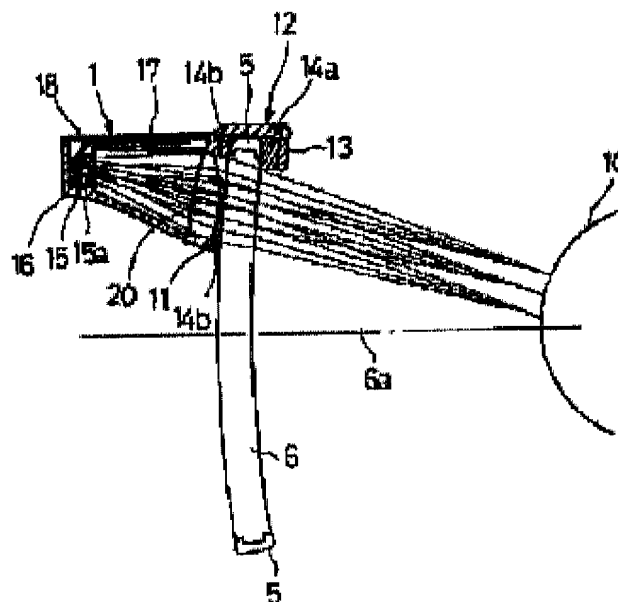
**Application number:** JP19940145717 19940606

**Priority number(s):** JP19940145717 19940606; JP19940124732 19940516

Report a data error here

## Abstract of JP8036143

**PURPOSE:**To reduce the overall size of the device, and to easily fit the device to spectacles to use it with ease by not covering both the eyes entirely. **CONSTITUTION:**This device is provided with a liquid crystal display panel 15 which displays an image, a magnifying lens 20 which magnifies the image displayed on the liquid crystal display panel 15, and a main body case 1 which contains the liquid crystal display panel 15 and magnifying lens 20 and has a main body case mount part 12 to be mounted right above the peripheral edge part of a spectacle lens 6; and this main body case 1 is mounted at a specific position of the spectacles by the main body case mount part 12 and in this state, the image displayed on the liquid crystal display panel 15 is magnified by the magnifying lens 20 and observed. Therefore, both the eyes need not be covered entirely unlike before and while the device is reducible in size, the device can easily be fitted to the spectacles, so that the device is good in portability and easily used.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-36143

(43) 公開日 平成8年(1996)2月6日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 27/02

G 0 2 C 9/00

H 0 4 N 5/64

識別記号

Z

庁内整理番号

5 1 1 A

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平6-145717

(22) 出願日 平成6年(1994)6月6日

(31) 優先権主張番号 特願平6-124732

(32) 優先日 平6(1994)5月16日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目6番1号

(72) 発明者 菊地 雅仁

東京都羽村市栄町3丁目2番1号 カシオ  
計算機株式会社羽村技術センター内

(72) 発明者 松岡 毅

東京都羽村市栄町3丁目2番1号 カシオ  
計算機株式会社羽村技術センター内

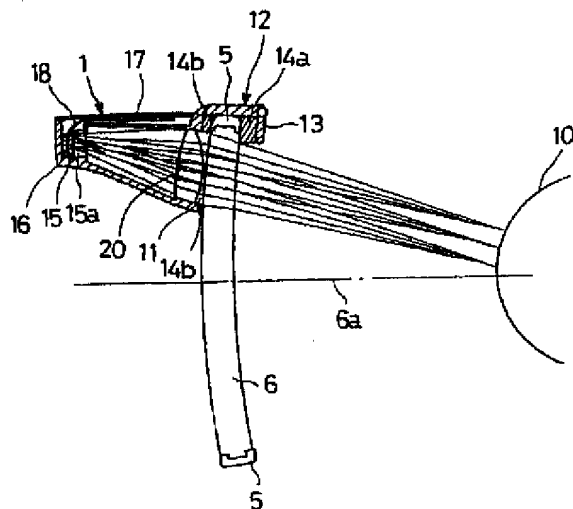
(74) 代理人 弁理士 杉村 次郎

(54) 【発明の名称】 ヘッドマウントディスプレイ装置

(57) 【要約】

【目的】 両眼全部を覆わないようにすることにより、装置全体の小型化を図り、眼鏡に簡単に取り付けて手軽に使用することのできるヘッドマウントディスプレイ装置を提供する。

【構成】 画像を表示する液晶表示パネル15と、この液晶表示パネル15に表示された画像を拡大する拡大レンズ20と、液晶表示パネル15および拡大レンズ20が収容され、かつ眼鏡レンズ6の周縁部の右上に装着される本体ケース装着部12を有する本体ケース1とを備え、この本体ケース1を本体ケース装着部12により眼鏡3の所定個所に装着させ、この状態で液晶表示パネル15に表示された画像を拡大レンズ20で拡大して観察するようにした。したがって、従来のように両眼全部を覆う必要がなく、装置全体を小型化することができるとともに、眼鏡3に簡単に取り付けることができ、携帯性が良く、手軽に使用することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像を表示する表示部と、この表示部に表示された画像を拡大する拡大レンズと、内部に前記表示部および前記拡大レンズが収容され、かつ眼鏡の所定個所に装着される装着部を有する本体ケースとを備え、前記本体ケースを前記装着部により前記眼鏡の所定個所に装着させ、この状態で前記表示部に表示された画像を前記拡大レンズで拡大して観察することを特徴するヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項2】 前記本体ケースは前記装着部により前記眼鏡の眼鏡レンズの周縁部の一部に対応して配置され、かつ前記表示部に表示された画像を前記拡大レンズで拡大するとともに前記眼鏡レンズの周縁部の一部を通して観察することを特徴する請求項1記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項3】 前記表示部および前記拡大レンズは、瞳と反対側における前記眼鏡レンズの外側に配置されていることを特徴とする請求項2記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項4】 前記表示部は前記瞳と反対側における前記眼鏡レンズの外側に配置され、前記拡大レンズは瞳側における前記眼鏡レンズの内側に配置されていることを特徴とする請求項2記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項5】 前記本体ケースは前記装着部により前記眼鏡のつる部に装着されることにより前記瞳側における前記眼鏡レンズの内側に前記眼鏡レンズの周縁部の一部と対応して配置され、かつ前記表示部に表示されて前記拡大レンズで拡大された画像光を前記眼鏡レンズの周縁部の一部で反射し、その拡大虚像を観察することを特徴する請求項1記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項6】 前記眼鏡レンズの周縁部の一部には、前記表示部に表示されて前記拡大レンズで拡大された画像光を反射する全反射ミラーやハーフミラーなどのミラーが配置されることを特徴とする請求項5記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項7】 前記拡大レンズは、1枚構成で、表裏面がそれぞれ非球面に形成されていることを特徴とする請求項1～6記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項8】 前記拡大レンズの表裏面の各光軸は、前記眼鏡レンズの光軸に対しそれぞれ偏心していることを特徴とする請求項7記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項9】 前記拡大レンズの表裏面は、前記眼鏡レンズの光軸に対しそれぞれチルトしていることを特徴とする請求項7または8記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項10】 前記本体ケースは前記眼鏡の眼鏡フレームに一体に形成されていることを特徴とする請求項1記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項11】 前記表示部は液晶表示パネルであり、前記本体ケース内には前記液晶表示パネルの背面を照明するバックライト装置が設けられていることを特徴とする請求項1～10記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項12】 前記本体ケース内には前記液晶表示パネルを駆動する駆動回路を搭載した回路基板が設けられていることを特徴とする請求項1～11記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項13】 前記眼鏡の前記つる部に装着または一体に形成され、内部に受信回路、電池、スピーカなどの電子部品が収納された部品ケースを備えていることを特徴とする請求項1～12記載のヘッドマウントディスプレイ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、ヘッドマウントディスプレイ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、頭部に装着して画像を観察するヘッドマウントディスプレイ装置は、使用者の頭部に装着するリング状のヘッドバンドと、このヘッドバンドに取り付けられた機器ケースとを備えている。機器ケースは使用者の両眼を覆って顔面に密着する箱形状のものであり、この機器ケースの前面にはファインダが設けられ、内部にはテレビジョン映像などの画像を表示する表示部、およびこの表示部に表示された画像を拡大する拡大光学系が設けられている。このヘッドマウントディスプレイ装置では、表示部に表示された画像を拡大光学系で拡大し、拡大された画像をファインダを通して観察できるようになっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このようなヘッドマウントディスプレイ装置では、機器ケースが使用者の両眼を覆う必要があるため、両眼を含む幅よりも機器ケースを小さくすることができず、このため装置全体が大型化し、しかも両眼を覆う構造であるから、歩行中や運動中あるいは作業中などでは使用することができないという不都合がある。また、機器ケースを頭部に装着するためには、ヘッドバンドが必要であり、このため携帯性が悪く、手軽に情報を得ることができないという問題もある。この発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、両眼全部を覆わないようにすることにより、装置全体の小型化を図り、眼鏡に簡単にに取り付けて手軽に使用することのできるヘッドマウントディスプレイ装置を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】 この発明は、上記目的を達成するため、画像を表示する表示部と、この表示部に表示された画像を拡大する拡大レンズと、内部に表示部

3

および拡大レンズが収容され、かつ眼鏡の所定個所に装着される装着部を有する本体ケースとを備え、本体ケースを装着部により眼鏡の所定個所に装着させ、この状態で表示部に表示された画像を拡大レンズで拡大して観察することを特徴するものである。

## 【0005】

【作用】この発明によれば、本体ケースを装着部により眼鏡の所定個所に装着させる構造であるから、従来のように両眼全部を覆う必要がなく、このため従来のものに比べて装置全体を小型化することができるとともに、本体ケースを眼鏡の所定個所に簡単にに取り付けることができ、したがって携帯性が良く、手軽に使用することができ、かつ表示部に表示された画像を拡大レンズで拡大して観察するので、良好に情報を見ることができる。この場合、請求項2または請求項5に記載の如く、本体ケースを装着部により眼鏡レンズの周縁部の一部に対応させて配置させれば、眼鏡レンズの周縁部の一部を利用して拡大された画像を観察することができ、それ以外の個所で外界を見ることができるので、歩行中や運動中あるいは作業中などでもさほど支障なく使用することができ、手軽に情報を得ることができる。

## 【0006】

【実施例】以下、図1～図5を参照して、この発明のヘッドマウントディスプレイ装置の第1実施例について説明する。図1はヘッドマウントディスプレイ装置を眼鏡に装着した外観斜視図、図2はその眼鏡を使用者が装着した状態の外観斜視図である。このヘッドマウントディスプレイ装置は、上面から見てほぼ蒲鉾形状をなす本体ケース1と、全体がほぼ円筒形状をなす部品ケース2とを備え、各ケース1、2が眼鏡3に取り付けられる構造となっている。眼鏡3は、つる部4を有する眼鏡フレーム5に左右の眼鏡レンズ6を取り付けた一般的なものであり、眼鏡3の右眼用の眼鏡レンズ6の周縁部における右端上部に本体ケース1が取り付けられ、眼鏡3のつる部4に部品ケース2が取り付けられるようになっている。

【0007】図3は図1のA-A拡大断面図、図4は図3の要部拡大断面図である。これらの図において、本体ケース1は、瞳10に対向する一端部（同図では右端部）に開口部11が設けられ、この開口部11の上部に眼鏡レンズ6の上部を着脱可能に挟んで装着する本体ケース装着部12が設けられ、この本体ケース装着部12により瞳10と反対側における眼鏡レンズ6の外側に突出した状態で取り付けられる構造となっている。本体ケース装着部12は、開口部11の上部から眼鏡フレーム5の上方を越えて瞳10側に突出し、この瞳10側における眼鏡フレーム5および眼鏡レンズ6の内側上部に対向する断面I字状の押え部13を備えている。この押え部13の内面には、眼鏡フレーム5および眼鏡レンズ6の上端内面に圧接するゴムやスポンジなどの弾性部材

4

4aが設けられている。また、本体ケース装着部12の開口部11の外周縁部に対応する個所には、瞳10と反対側における眼鏡フレーム5や眼鏡レンズ6の外面に圧接するゴムやスポンジなどからなるリング状の弾性部材14bが設けられている。

【0008】一方、本体ケース1内の奥部（図3および図4では左側）には、テレビジョン映像や文字情報などの画像を表示する液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直に配置されているとともに、この液晶表示パネル15の背面を照明するバックライトパネル16が配置されている。液晶表示パネル15は、例えば、1mm角程度の大きさで、100×100ドット程度の画素を有するマトリクスタイプのものであり、前面にはカバーガラス15aが配置されている。バックライトパネル16はエレクトロルミネセンスなどの平板状の光源である。また、本体ケース1内の上部には、液晶表示パネル15を駆動する駆動回路などを搭載した回路基板17が設けられている。この回路基板17と液晶表示パネル15およびバックライトパネル16とは、フレキシブル配線基板18によって電氣的に接続されている。

【0009】また、本体ケース1の開口部11には、液晶表示パネル15に表示された画像を拡大する拡大レンズ20が眼鏡レンズ6の外面に接近して設けられている。拡大レンズ20は、顔前約50cmの所に画面サイズが約6cm角程度のディスプレイを配置した状態と同程度の大きさの画面サイズに画像を拡大するように設定されている。また、拡大レンズ20は、1枚構成で、その表裏両面が非球面に形成された非球面レンズであり、表裏面の非球面係数がそれぞれ異なっている。また、拡大レンズ20の表裏面における光軸は眼鏡レンズ6の光軸6aに対し所定距離偏心した位置にあり、かつ表裏面の各偏心量はそれぞれ異なっていると同時に、拡大レンズ20の表裏面はそれぞれ眼鏡レンズ6の光軸6aに対し所定角度チルトしている。これは、液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aから離れた位置に配置され、かつ液晶表示パネル15に表示された画像の中心を瞳10の中心に一致させる必要があるからである。すなわち、液晶表示パネル15の中心と眼鏡レンズ6の光軸6aとが一致している場合には、拡大レンズ20の表裏面の光軸を偏心させたり、また拡大レンズ20の表裏面をチルトさせたりする必要はない。

【0010】このため、例えば、液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aから垂直な状態で真上に所定距離離れて配置されている場合には、拡大レンズ20の表裏面の光軸を眼鏡レンズ6の光軸6aに対し上下方向のみに所定距離（眼鏡レンズ6の光軸6aから液晶表示パネル15の中心までの距離に応じた距離）だけ偏心させ、また拡大レンズ20の表裏面を眼鏡レンズ6の光軸6aに対し上下方向のみに所定角度（これも、眼鏡レンズ6の光軸6aから液晶表示パネル15の中心までの距

5

離に応じた角度)だけチルトさせればよい。また、液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aから垂直な状態で斜め上方(図1に示すように眼鏡レンズ6の右上)に所定距離離れて配置されている場合には、拡大レンズ20の表裏面の光軸を眼鏡レンズ6の光軸6aに対し上下および左右の両方向に所定距離だけ偏心させ、また拡大レンズ20の表裏面を眼鏡レンズ6の光軸6aに対し上下および左右の両方向に所定角度だけチルトさせればよい。

【0011】なお、部品ケース2には、図1に示すように、眼鏡3のつる部4に着脱可能に係合するフック形状の部品ケース装着部7が設けられている。この部品ケース2内には、電源用の電池、FM多重放送による文字情報やテレビ放送のテレビジョン映像などを受信する受信回路を構成する電子部品(いずれも図示せず)が設けられており、部品ケース2の後端部には図1に示すようにスピーカ8が設けられている。そして、部品ケース2内の電子回路と本体ケース1内の電子回路とは、図1に示すように、接続コード9によって電気的に接続されている。また、部品ケース2の上部面には、電源スイッチ2a、ボリューム(音量)を調節(アップ/ダウン)するための2つのスイッチ2b、2cが設けられており、本体ケース1の上部面には、選局(アップ/ダウン)をするための2つのチューニングスイッチ1a、1bが設けられている。そして、これらの各スイッチ2a~2c、1a、1bの表面には、それぞれ各スイッチの機能を表すマークが刻印されている。

【0012】このようなヘッドマウントディスプレイ装置では、使用する場合には本体ケース1の本体ケース装着部12を眼鏡レンズ6の上端部に装着させることにより、本体ケース1を眼鏡3に簡単に取り付けることができるとともに、部品ケース2の部品ケース装着部7を眼鏡3のつる部4に装着することにより、部品ケース2を眼鏡3に簡単に取り付けることができる。このときには、本体ケース装着部12にゴムやスポンジなどの弾性部材14a、14bが設けられているので、眼鏡レンズ6を傷付けることがなく、良好に本体ケース1を眼鏡レンズ6に取り付けることができる。また、この状態では、本体ケース1が眼鏡レンズ6の中心から離れ、眼鏡レンズ6の周縁部における上端部に対応して配置されているので、眼鏡レンズ6の中心付近で外界を見ることができる。

【0013】この状態で、部品ケース2の電源スイッチ2aをオンさせ、本体ケース1のチューニングスイッチ1a、1bを適宜操作することにより所望のチャンネルを選局するとともに、部品ケース2のボリュームスイッチ2b、2cを適宜操作することによりスピーカ8の音量を調節する。すると、バックライトパネル16が点灯し、液晶表示パネル15に所望のテレビジョン映像や文字情報などの画像が表示され、この画像に応じた音声

6

所望の音量で放音される。このように各スイッチ1a、1b、2a~2cを操作する場合には、各スイッチ1a、1b、2a~2cの表面に機能を表すマークが刻印されているので、指先で触るだけで、各スイッチ1a、1b、2a~2cの位置および機能を判別することができる。また、各スイッチ1a、1b、2a~2cは、本体ケース1または部品ケース2の各上面にそれぞれ設けられているので、スイッチ操作をするときに各ケース1、2の上部面と下部面を摘むようにして操作できるので、眼鏡3をかけたままでも負担無く容易に操作ができる。

【0014】このようにして、バックライトパネル16が点灯して液晶表示パネル15に文字情報などの画像が表示されると、眼鏡レンズ6および拡大レンズ20を通して液晶表示パネル15に表示された画像を拡大画像として観察することができる。すなわち、液晶表示パネル15に表示された画像の光は、拡大レンズ20によってほぼ平行な光として眼鏡レンズ6に入射された上、この眼鏡レンズ6を通して使用者の眼にとどくことになる。このとき、眼鏡レンズ6の上端付近は、通常、使用者が遠方を見るときに適するように調整されているので、拡大レンズ20のピント位置は液晶表示パネル15の画像光が平行光となるように調整しておけば良い。また、液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直な状態で、眼鏡レンズ6の光軸6aから右斜め上方に配置されていても、拡大レンズ20の表裏面がそれぞれ異なる非球面に形成されていることにより、主に球面収差を補正することができるとともに像面湾曲をもある程度補正することができ、また拡大レンズ20の表裏面の光軸が眼鏡レンズ6の光軸6aに対しそれぞれ所定距離偏心し、かつ拡大レンズ20の表裏面が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し所定角度チルトしているため、像面湾曲を確実に補正することができ、これにより像の平面性が良くなり、画質の向上が図れる。

【0015】このように、このヘッドマウントディスプレイ装置では、本体ケース1の本体ケース装着部12により本体ケース1を眼鏡レンズ6に簡単に取り付けることができるとともに、本体ケース1を眼鏡レンズ6の右上に対応させて配置させたので、従来のように両眼全部を覆う必要がなく、従来のものに比べて装置全体を大幅に小型化することができ、このため携帯性が良く、手軽に使用することができ、また液晶表示パネル15に表示された画像を拡大レンズ20で拡大して観察するので、良好に情報を見ることができる。この場合、本体ケース1は本体ケース装着部12により眼鏡レンズ6の右上に対応して配置されているので、視線を眼鏡レンズ6の右上に向ければ拡大された画像を見ることができ、それ以外の個所、例えば眼鏡レンズ6の中心付近に視線を向ければ外界を見ることができる。したがって、歩行中や運動中あるいは作業中などでもさほど支障なく使用すること

とができ、手軽に情報を得ることができる。また、このように情報を見るときには、部品ケース2の後端部に設けられたスピーカ8により音声を聞くことができ、より一層良好に情報が得られる。

【0016】次に、このような第1実施例のヘッドマウントディスプレイ装置の具体例について、表1および表2を参照して説明する。この具体例では、液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直な状態で真上に所定距離離れて配置されているものとする。表1では、焦点距離fが8mmで、イメージサイズが約1mm角で、拡大レンズの径が4mmである。

【表1】

表1

No.	R <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	N <sub>i</sub>	ν <sub>i</sub>	備考
1	∞	1	1.54	54	液晶面
2	∞	6.55			
3	8.961	2	1.491	58	拡大レンズ
4	-5.987	0.1			
5	120	2	1.52	64	眼鏡レンズ
6	80	20			

20

\*

表2

No.	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>
R <sub>3</sub>	-0.1	0.0306	-0.774×10 <sup>-3</sup>	0.1×10 <sup>-3</sup>	-0.385×10 <sup>-5</sup>
R <sub>4</sub>	-0.1	-0.154×10 <sup>-3</sup>	0.155×10 <sup>-3</sup>	-0.809×10 <sup>-5</sup>	0.153×10 <sup>-5</sup>

ただし、非球面は以下の式1で表される。

$$Z = C\rho^2 / [1 + \sqrt{1 - (a_1 + 1)C^2\rho^2}] + a_2\rho^4 + a_3\rho^6 + a_4\rho^8 + a_5\rho^{10} \dots \dots \dots \text{式1}$$

ただし、Zは拡大レンズ面での光軸からの高さの変位量、Cは近軸曲率半径、ρは光軸からの高さ、a<sub>i</sub>は非球面係数である。

【0018】さらに、拡大レンズの表裏面の偏心量は、R<sub>3</sub>面が眼鏡レンズ6の光軸6aから4.48mmで、R<sub>4</sub>面が6.35mmである。また、拡大レンズの表裏面のチルト角は、R<sub>3</sub>面が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し1.155°で、R<sub>4</sub>面が2.982°である。

【0019】このような第1実施例のヘッドマウントディスプレイ装置の具体例では、メリジオナル・コマ収差が図5(a)に示すような収差曲線で、サジタル・コマ収差が図5(b)に示すような収差曲線となり、これらの図から、収差特性が良く、画質が良いことがわかる。

【0020】なお、上記第1実施例の具体例では、拡大レンズのR<sub>3</sub>面の偏心量が眼鏡レンズ6の光軸6aから4.48mmで、R<sub>4</sub>面が6.35mmであり、R<sub>3</sub>面のチルト角が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し1.155°で、R<sub>4</sub>面が2.982°であるが、これに限らず、眼鏡レンズ6の光軸6aと液晶表示パネル15の中心が一致している場合を考慮すれば、拡大レンズのR<sub>3</sub>面の偏心量は眼鏡レンズ6の光

\*ただし、R<sub>i</sub>は曲率半径、D<sub>i</sub>はレンズおよび液晶表示パネルの中心厚および空気空間、N<sub>i</sub>は屈折率、ν<sub>i</sub>はアッペ数である。

【0017】また、表2は拡大レンズの表裏面の非球面データである。

【表2】

軸6aから0〜±5.38mmの範囲で、R<sub>4</sub>面の偏心量は0〜±7.62mmの範囲であれば良く、また拡大レンズのR<sub>3</sub>面のチルト角は眼鏡レンズ6の光軸6aに対し0〜1.386°の範囲で、R<sub>4</sub>面のチルト角は0〜3.578°の範囲であれば良い。また、上記第1実施例では、眼鏡レンズ6の光軸6aから斜め上方に配置される液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直に配置されているが、これに限らず、液晶表示パネル15が瞳10に対面するように、液晶表示パネル15を光軸6aに対し上下左右方向に所定角度傾けて配置しても良い。このようにすれば、拡大レンズ20のチルト角および偏心量を小さく抑えることができ、レンズ設計が容易になる。さらに、上記第1実施例の眼鏡フレーム5が金属製である場合には、眼鏡フレーム5と部品ケース2内の受信回路とをバネ接点で接続すれば、眼鏡フレーム5をアンテナとして使用することができる。

【0021】次に、図6および図7を参照して、この発明のヘッドマウントディスプレイ装置の第2実施例について説明する。なお、図1〜図5に示された第1実施例と同一部分には同一符号を付し、その説明は適宜省略する。図6は第2実施例のヘッドマウントディスプレイ装置の要部の拡大断面図である。この図において、本体ケース25は、上面から見てほぼ蒲鉾形状に形成され、瞳

10に対向する一端部(同図では右端部)に開口部26が設けられ、この開口部26に拡大レンズ27が設けられ、開口部26と反対側の奥部に液晶表示パネル15およびバックライトパネル16が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直に設けられ、拡大レンズ27と液晶表示パネル15との間に本体ケース装着部28が設けられた構造となっている。

【0022】したがって、この本体ケース25は、本体ケース装着部28により眼鏡レンズ6の周縁部における上部に取り付けられると、瞳10と反対側における眼鏡レンズ6の外側に液晶表示パネル15が配置され、瞳10側における眼鏡レンズ6の内側に拡大レンズ27が配置される。このため、使用者の眼鏡レンズ6によってピント位置が異なるが、このヘッドマウントディスプレイ装置では、液晶表示パネル15および拡大レンズ27を光軸に沿って前後に移動させることにより、ピント位置を調整するようになっている。

【0023】なお、拡大レンズ27は、第1実施例と同様、1枚構成で、主に球面収差を補正するために、表裏両面が非球面に形成された非球面レンズであり、表裏面の非球面係数がそれぞれ異なっている。また、拡大レンズ27の表裏面における光軸は眼鏡レンズ6の光軸6aに対して所定距離偏心した位置にあり、かつ表裏面の各偏心量はそれぞれ異なっており、さらに拡大レンズ27の表裏面はそれぞれ眼鏡レンズ6の光軸6aに対して所定角度チルトしている。また、本体ケース装着部28は、第1実施例と同様、眼鏡レンズ6の周縁部における上部に装着して本体ケース25を眼鏡3に対して取り付けるためのものであり、本体ケース25の下側に開口された逆凹部形状の溝状に形成されている。この本体ケース装着部28の内面には、眼鏡フレーム5および眼鏡レ

10

\*ンズ6の内面および外面に圧接するゴムやスポンジなどの弾性部材14a、14bが設けられている。

【0024】このような第2実施例のヘッドマウントディスプレイ装置では、第1実施例と同様の効果があるほか、特に液晶表示パネル15と拡大レンズ27の間に眼鏡レンズ6が配置されるので、本体ケース25が眼鏡レンズ6の外側に突出する長さを短くすることができ、外観上の違和感を少なくすることができる。

【0025】次に、このような第2実施例のヘッドマウントディスプレイ装置の具体例について、表3および表4を参照して説明する。この具体例でも、液晶表示パネル15は眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直な状態で真上に所定距離離れて配置されているものとする。表3では、焦点距離 $f$ が8mmで、イメージサイズが約1mm角で、拡大レンズの径が4mmである。

【表3】

表3

No.	$R_i$	$D_i$	$N_i$	$\nu_i$	備考
1	$\infty$	1	1.54	54	液晶面
2	$\infty$	4			
3	120	2	1.52	64	眼鏡レンズ
4	80	0.1			
5	14,657	2	1.491	58	拡大レンズ
6	-5	20			

ただし、 $R_i$ は曲率半径、 $D_i$ はレンズおよび液晶表示パネルの中心厚および空気空間、 $N_i$ は屈折率、 $\nu_i$ はアッペ数である。

【0026】また、表4は拡大レンズの表裏面の非球面データである。

【表4】

表4

No.	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
$R_s$	-0.1	$0.217 \times 10^{-3}$	$-0.347 \times 10^{-3}$	$0.414 \times 10^{-3}$	$-0.155 \times 10^{-3}$
$R_s$	-0.1	$-0.185 \times 10^{-3}$	$0.351 \times 10^{-3}$	$-0.368 \times 10^{-3}$	$0.153 \times 10^{-3}$

ただし、非球面は第1実施例の式1で表される。さらに、拡大レンズの表裏面の偏心量は、 $R_s$ 面が眼鏡レンズ6の光軸6aから3.9mmで、 $R_s$ 面が5.81mmである。また、拡大レンズの表裏面のチルト角は、 $R_s$ 面が眼鏡レンズ6の光軸6aに対して $-0.59^\circ$ で、 $R_s$ 面が $-5.0^\circ$ である。

【0027】このような第2実施例のヘッドマウントディスプレイ装置の具体例では、メリジオナル・コマ収差が図7(a)に示すような収差曲線で、サジタル・コマ収差が図7(b)に示すような収差曲線となり、これらの図から、収差特性が良く、画質が良いことがわかる。

【0028】なお、上記第2実施例の具体例では、拡大レンズの $R_s$ 面の偏心量が眼鏡レンズ6の光軸6aから3.9mmで、 $R_s$ 面の偏心量が5.81mmであり、 $R_s$ 面のチル

40

ト角が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し $-0.59^\circ$ で、 $R_s$ 面のチルト角が $-5.0^\circ$ であるが、これに限らず、眼鏡レンズ6の光軸6aと液晶表示パネル15の中心が一致している場合を考慮すれば、拡大レンズの $R_s$ 面の偏心量は眼鏡レンズ6の光軸6aから0~ $\pm 4.68$ mmの範囲で、 $R_s$ 面の偏心量は0~ $\pm 6.97$ mmの範囲であれば良く、また、拡大レンズの $R_s$ 面のチルト角は眼鏡レンズ6の光軸6aに対し0~ $-0.71^\circ$ の範囲で、 $R_s$ 面のチルト角は0~ $-6.0^\circ$ の範囲であれば良い。また、上記第2実施例でも、眼鏡レンズ6の光軸6aから斜め上方に配置される液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直に配置されているが、これに限らず、液晶表示パネル15が瞳10に対面するように、液晶表示パネル15を光軸6aに対し所定角度傾けて配置しても良い。こ

11

のようにすれば、拡大レンズ27のチルト角および偏心量を小さく抑えることができ、レンズ設計が容易になる。

【0029】次に、図8～図11を参照して、この発明のヘッドマウントディスプレイ装置の第3実施例について説明する。この場合にも、図1～図5に示された第1実施例と同一部分には同一符号を付し、その説明は適宜省略する。このヘッドマウントディスプレイ装置は、図8および図9に示すように、眼鏡3の右側のつる部4に取り付けられる本体ケース30を備えている。この本体

ケース30は、光学ケース部31と部品ケース部32とからなり、光学ケース部31がつる部4の眼鏡レンズ6側に配置され、部品ケース部32がつる部4の後部側に配置されるようになっている。

【0030】光学ケース部31は、つる部4の下側に配置され、図10に示すように中間部33の先端部に右眼用の眼鏡レンズ6の右端部に装着するレンズ装着部34が設けられ、中間部33の後端側部に前方（眼鏡レンズ6側）が開口された光学収納部35が眼鏡レンズ6から

所定距離離れて設けられた構造となっている。レンズ装着部34は、右眼用の眼鏡レンズ6およびその眼鏡フレーム5の各右端部を着脱可能に挟んで装着されるものであり、瞳10と反対側における眼鏡レンズ6の外面对向する透明な2本のアーム34aと、瞳10側における眼鏡フレーム5の内面对向する突出部34bとからなっている。そして、アーム34aと突出部34bとの対向面には、眼鏡レンズ6および眼鏡フレーム5の外面对向する面に圧接する滑り止めを兼ねたゴムなどの弾性部材36が設けられている。

【0031】光学収納部35内には、後述する液晶表示パネル15を駆動する駆動回路などを搭載した回路基板37が設けられている。光学収納部35内の奥部（図10では左側）には、第1実施例と同じ液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直に配置されるとともに、この液晶表示パネル15の背面に光を照射するバックライトパネル16が配置されている。そして、液晶表示パネル15およびバックライトパネル16と回路基板37とは、フレキシブル配線基板38によって電気的に接続されている。また、光学収納部35の後端壁35aには、ピント調節つまみ39が外部に突出した状態で、ピント調節つまみ39に設けられたねじ軸39aが内部に突出して螺入されている。このピント調節つまみ39は、ねじ軸39aの先端がバックライトパネル16の背面に図示しない金具を介して回転自在に取り付けられ、ピント調節つまみ39の回転操作に応じてバックライトパネル16および液晶表示パネル15を光軸6aに沿って前後に移動させることにより、後述する光学系のピントを調節するようになっている。

【0032】また、光学収納部35の開口された部分には、液晶表示パネル15に表示された画像を拡大する

12

大レンズ40が設けられている。拡大レンズ40は、第1実施例と同様、顔前約50cmの所に画面サイズが約6cm角程度のディスプレイを配置した状態と同程度の大きさの画面サイズに画像を拡大するように設定されている。また、拡大レンズ40は、1枚構成で、その表裏両面が非球面に形成された非球面レンズであり、表裏面の非球面係数がそれぞれ異なっている。また、拡大レンズ40の表裏面における光軸は眼鏡レンズ6の光軸6aに対し所定距離偏心した位置にあり、かつ表裏面の各偏心量はそれぞれ異なっているととも、拡大レンズ40の表裏面はそれぞれ眼鏡レンズ6の光軸6aに対し所定角度チルトしている。これは、第1実施例と同様、液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aから離れた位置に配置され、かつ眼鏡レンズ6で反射された液晶表示パネル15の拡大虚像の中心を瞳10の中心に一致させる必要があるからである。このため、例えば、液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aから垂直な状態で真横に所定距離離れて配置されている場合には、拡大レンズ40の表裏面の光軸を眼鏡レンズ6の光軸6aに対し左右方向に所定距離（眼鏡レンズ6の光軸6aから液晶表示パネル15の中心までの距離に応じた距離）だけ偏心させ、また拡大レンズ40の表裏面を眼鏡レンズ6の光軸6aに対し左右方向に所定角度（これも、眼鏡レンズ6の光軸6aから液晶表示パネル15の中心までの距離に応じた角度）だけチルトさせればよい。

【0033】なお、部品ケース部32には、図8に示すように、眼鏡3のつる部4に着脱可能に係合するフック形状の部品装着部41が設けられている。この部品ケース部32内には、第1実施例と同様、電源用の電池、FM多重放送による文字情報やテレビ放送のテレビジョン映像などを受信する受信回路を構成する電子部品（いずれも図示せず）が設けられており、部品ケース部32の後端部にはスピーカ8が設けられている。そして、部品ケース部32内の電子回路と光学ケース部31内の電子回路とは、接続コード（図示せず）によって電気的に接続されている。また、このヘッドマウントディスプレイ装置では、光学ケース部31内の回路基板37がパネ接点42により金属製の眼鏡フレーム5と電気的に接続され、これにより眼鏡フレーム5をアンテナとして使用している。また、第1実施例と同様、本体ケース30の部品ケース部32の上部面には、電源スイッチ32a、ボリューム（音量）を調節（アップ/ダウン）するための2つのボリュームスイッチ32b、32cが設けられており、本体ケース30の光学ケース部31の上部面には、選局（アップ/ダウン）をするための2つのチューニングスイッチ31a、31bが設けられている。そして、これらの各スイッチ32a～32c、31a、31bの近傍における本体ケース30の上部面には、それぞれ各スイッチの機能を表すマーク43が刻印されている。



【0034】このようなヘッドマウントディスプレイ装置では、使用する場合には本体ケース30の部品ケース部32の部品装着部41を眼鏡3のつる部4に係止させるとともに、光学ケース部31のレンズ装着部34を眼鏡レンズ6の右端部に装着させることにより、本体ケース30を眼鏡3のつる部4に簡単に取り付けることができる。このときには、本体ケース装着部12にゴムなどの弾性部材13、14が設けられているので、眼鏡レンズ6を傷付けたり、滑ったりすることがなく、良好に本体ケース30を眼鏡レンズ6に取り付けることができる。また、この状態では、本体ケース30が眼鏡レンズ6の中心から離れた眼鏡レンズ6の周縁部における右端部に対応し、かつ瞳10側における眼鏡レンズ6の内側に配置されているので、本体ケース30が取り付けられても、ほとんど支障なく外界を見ることができる。

【0035】この状態で、部品ケース部32の電源スイッチ32aをオンさせ、光学ケース部31のチューニングスイッチ31a、31bを適宜操作することにより所望のチャンネルを選局するとともに、部品ケース部32のボリュームスイッチ32b、32cを適宜操作することによりスピーカ8の音量を調節する。すると、バックライトパネル16が点灯し、液晶表示パネル15に所望のテレビジョン映像や文字情報などの画像が表示され、この画像に応じた音声が入音の音量で放音される。このように各スイッチ31a、31b、32a~32cを操作する場合には、各スイッチ31a、31b、32a~32cの近傍における各ケース部31、32の上部面に機能を表すマーク43が刻印されているので、この刻印されたマーク43を指先で触るだけで、各スイッチ31a、31b、32a~32cの位置および機能を判別することができる。また、各スイッチ31a、31b、32a~32cは、本体ケース30または部品ケース32の各上面にそれぞれ設けられているので、スイッチ操作をするときに、本体ケース30の各ケース部31、32の上部面と下部面を摘むようにして操作できるので、眼鏡3をかけたままでも負担なく容易に操作ができる。

【0036】このようにして、バックライトパネル16が点灯して液晶表示パネル15に文字情報などの画像が表示されると、その画像が拡大レンズ40によって拡大され、この拡大された画像光が眼鏡レンズ6の右端部付近の内面で反射され、その拡大虚像を観察することができる。すなわち、液晶表示パネル15に表示された画像の光は、拡大レンズ20によってほぼ平行な光として眼鏡レンズ6の内面で反射され、この反射光が使用者の瞳10にとどくことになる。なお、このときには、使用者の眼鏡レンズ6によってピント位置が異なるが、ピント調節つまみ39を回転操作することにより、液晶表示パネル15を眼鏡レンズ6の光軸6aに沿って前後に移動させ、これにより液晶表示パネル15と拡大レンズ40との距離を調節できるので、光学系のピントを簡単に調

節することができる。また、液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直な状態で、眼鏡レンズ6の光軸6aから真横つまり水平に右側にずれて配置されていても、拡大レンズ40の表裏面がそれぞれ異なる非球面に形成されていることにより、主に球面収差を補正することができるとともに像面湾曲をある程度補正することができ、また拡大レンズ40の表裏面の光軸が眼鏡レンズ6の光軸6aに対しそれぞれ所定距離偏心し、かつ拡大レンズ40の表裏面が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し所定角度チルトしているため、像面湾曲を確実に補正することができ、これにより像の平面性が良くなり、画質の向上が図れる。

【0037】このように、この第3実施例のヘッドマウントディスプレイ装置では、本体ケース30のレンズ装着部34および部品装着部41により本体ケース30を眼鏡3のつる部4および眼鏡レンズ6に簡単かつ確実に取り付けることができるとともに、本体ケース30を眼鏡レンズ6の右端部付近に対応させて配置させたので、第1実施例と同様、装置全体の大幅な小型化ができ、携帯性が良く、手軽に使用することができ、かつ液晶表示パネル15に表示されて拡大レンズ20で拡大された画像光を眼鏡レンズ6の内面で反射させ、その拡大虚像を観察するので、良好に情報を見ることができる。この場合、特に本体ケース30を眼鏡レンズ6の右端部付近に対応させた状態で、瞳10側における眼鏡レンズ6の内面側に配置させたので、第1、第2実施例のものよりも、外観上の違和感がなく、本体ケース30が邪魔にならず、しかも視線を変えるだけで、液晶表示パネル15の拡大虚像を見たり、外界を見たりすることができる。したがって、歩行中や運動中あるいは作業中などでも、ほとんど支障なく使用することができ、手軽に情報を得ることができる。

【0038】次に、このような第3実施例のヘッドマウントディスプレイ装置の具体例について、表5および表6を参照して説明する。この具体例では、液晶表示パネル15は眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直な状態で真横（右側）に所定距離離れて配置されているものとする。表5では、焦点距離 $f$ が8mmで、イメージサイズが約1mm角で、拡大レンズの径が4mmである。

【表5】

表5

No.	$R_i$	$D_i$	$N_i$	$v_i$	備考
1		20			
2	-80	9			眼鏡レンズ面
3	-5.238	3	1.49	64	拡大レンズ
4	6.750	2.84			
5	$\infty$	2	1.54	58	カバーガラス
6	$\infty$				液晶面

ただし、 $R_i$ は曲率半径、 $D_i$ はレンズおよび液晶表示

パネルの中心厚および空気空間、 $N_1$ は屈折率、 $\nu_1$ はアッペ数である。

\*データである。

【表6】

【0039】また、表6は拡大レンズの表裏面の非球面\*

表6

No.	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
$R_3$	0.1	$0.806 \times 10^{-3}$	$0.244 \times 10^{-3}$	$-0.107 \times 10^{-4}$	$-0.319 \times 10^{-4}$
$R_4$	-0.1	$-0.159 \times 10^{-3}$	$-0.524 \times 10^{-4}$	$0.443 \times 10^{-5}$	$-0.103 \times 10^{-5}$

ただし、非球面は第1実施例の式1で表される。さらに、拡大レンズの表裏面の偏心量は、 $R_3$ 面が眼鏡レンズ6の光軸6aから-10mmで、 $R_4$ 面が-8.35mmである。また、拡大レンズの表裏面のチルト角は、 $R_3$ 面が眼鏡レンズ6の光軸6aに対して $-10^\circ$ で、 $R_4$ 面が $-10^\circ$ である。

【0040】このような第3実施例のヘッドマウントディスプレイ装置の具体例では、メリジオナル・コマ収差が図11(a)に示すような収差曲線で、サジタル・コマ収差が図11(b)に示すような収差曲線となり、これらの図から、収差特性が良く、画質が良いことがわかる。

【0041】なお、上記第3実施例の具体例では、拡大レンズの $R_3$ 面の偏心量が眼鏡レンズ6の光軸6aから-10mmで、 $R_4$ 面が-8.35mmであり、 $R_3$ 面のチルト角が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し $-10^\circ$ で、 $R_4$ 面が $-10^\circ$ であるが、これに限らず、眼鏡レンズ6の光軸6aと液晶表示パネル15の中心が一致している場合を考慮すれば、拡大レンズの $R_3$ 面の偏心量は眼鏡レンズ6の光軸6aから0~-12mmの範囲で、 $R_4$ 面の偏心量は0~-10.0mmの範囲であれば良く、また、拡大レンズの $R_3$ 面のチルト角は眼鏡レンズ6の光軸6aに対し $0 \sim 12^\circ$ の範囲で、 $R_4$ 面のチルト角は $0 \sim 12^\circ$ の範囲であれば良い。

【0042】また、上記第3実施例では、眼鏡レンズ6の光軸6aから真横に配置される液晶表示パネル15が眼鏡レンズ6の光軸6aに対し垂直に配置されているが、これに限らず、液晶表示パネル15が瞳10に対面するように、液晶表示パネル15を光軸6aに対し左右方向に所定角度傾けて配置しても良い。このようにすれば、拡大レンズ40のチルト角および偏心量を小さく抑えることができ、レンズ設計が容易になる。

【0043】さらに、上記第3実施例では、眼鏡レンズ6の内面で画像光を反射させたが、これに限らず、例えば眼鏡レンズ6の外面で反射させても良く、また図12および図13に示すように、本体ケース30に全反射ミラーやハーフミラーなどのミラー45を設け、このミラー45を眼鏡レンズ6の内面または外面に配置させ、このミラー45で画像光を反射するようにしても良い。

【0044】なおまた、上記第1、第3実施例では、本体ケース30および部品ケース32の上面部に各種の

10 イッチを設けたが、これに限らず、例えば図12に示すように、本体ケース30の光学ケース部31および部品ケース部32の各上面面にスイッチ機能を表すマーク46を刻印し、かつ各ケース部31、32の下面面に2つのチューニングスイッチ、電源スイッチ、ボリュームスイッチ（いずれも図示せず）をマーク46に対応させて設けても良い。このようにしても、第3実施例と同様、刻印されたマーク46を指先で触るだけで、各スイッチの位置および機能を判別することができ、また各スイッチを操作するときに、本体ケース30の各ケース部31、32の上面面と下面面を摘むようにして操作できるので、眼鏡3をかけたままでも負担無く容易に操作ができる。

【0045】また、上記第1~第3実施例では、バックライト装置としてエレクトロルミネセンスからなるバックライトパネル16を用いたが、これに限らず、発光ダイオードや小型の電球などを光源として用いても良い。この場合には、液晶表示パネル15の背面側に拡散板などを介在させると良い。

【0046】また、上記第1~第3実施例では、液晶表示パネル15の背面にバックライト装置を設けたが、必ずしもバックライト装置を設ける必要はなく、液晶表示パネル15の背面に外部光を導入して照射させるようにしても良い。

【0047】さらに、上記第1~第3実施例では、本体ケースおよび部品ケースを眼鏡3に着脱可能に装着するようにしたが、これに限らず、例えば図14に示すように、眼鏡レンズが取り付けられていない眼鏡フレーム5に本体ケース47を一体に形成するとともに、眼鏡フレーム5のつる部4に部品ケース48を一体に形成しても良い。このようにすれば、眼鏡を使用しないものでも、即座に使用することができる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の発明によれば、本体ケースを装着部により眼鏡の所定個所に装着させる構造であるから、従来のように両眼全部を覆う必要がなく、このため従来のものに比べて装置全体を小型化することができるとともに、本体ケースを眼鏡の所定個所に簡単に取り付けることができ、したがって携帯性が良く、手軽に使用することができ、かつ表示部に表示された画像を拡大レンズで拡大して観察するの

17

で、良好に情報を見ることができる。また、請求項 2 または請求項 5 に記載の発明によれば、本体ケースを装着部により眼鏡レンズの周縁部の一部に対応させて配置させることにより、眼鏡レンズの周縁部の一部を利用して拡大された画像を観察することができ、それ以外の個所で外界を見ることができるので、歩行中や運動中あるいは作業中などでもさほど支障なく使用することができ、手軽に情報を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明のヘッドマウントディスプレイ装置の第 1 実施例を示し、このヘッドマウントディスプレイ装置を眼鏡に取り付けた状態の外観斜視図。

【図 2】図 1 の眼鏡を頭部に装着した状態の外観斜視図。

【図 3】図 1 の A-A 拡大断面図。

【図 4】図 3 のさらに要部の拡大断面図。

【図 5】第 1 実施例の具体例のコマ収差を示し、(a) はメリジオナル・コマ収差図、(b) はサジタル・コマ収差図。

【図 6】この発明の第 2 実施例を示す要部の拡大断面図。

【図 7】第 2 実施例の具体例のコマ収差を示し、(a) はメリジオナル・コマ収差図、(b) はサジタル・コマ収差図。

【図 8】この発明の第 3 実施例を示し、そのヘッドマウントディスプレイ装置を眼鏡に取り付けた状態の外観斜視図。

18

【図 9】図 8 の眼鏡を頭部に装着した状態の外観斜視図。

【図 10】図 8 の B-B 拡大断面図。

【図 11】第 3 実施例の具体例のコマ収差を示し、(a) はメリジオナル・コマ収差図、(b) はサジタル・コマ収差図。

【図 12】第 3 実施例の変形例を示す外観斜視図。

【図 13】図 12 の要部拡大断面図。

【図 14】この発明に係る本体ケースと部品ケースの取付構造の変形例を示す外観斜視図。

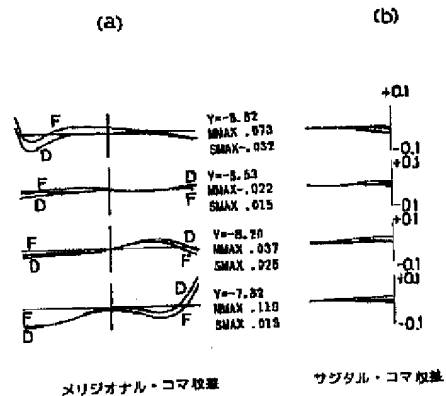
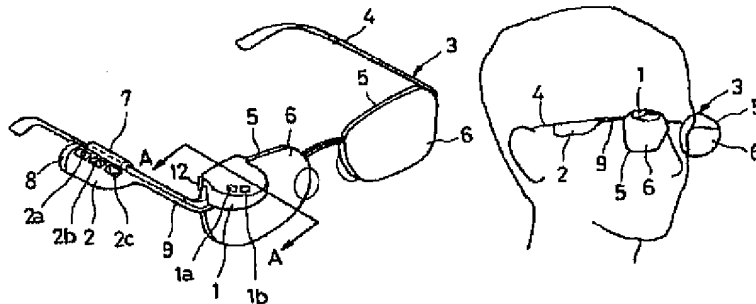
#### 【符号の説明】

- 1、25、30、47 本体ケース
- 2、48 部品ケース
- 3 眼鏡
- 4 つる部
- 5 眼鏡フレーム
- 6 眼鏡レンズ
- 6a 光軸
- 8 スピーカ
- 12、28 本体ケース装着部
- 15 液晶表示パネル
- 16 バックライトパネル
- 17、37 回路基板
- 20、27、40 拡大レンズ
- 34 レンズ装着部
- 45 ミラー

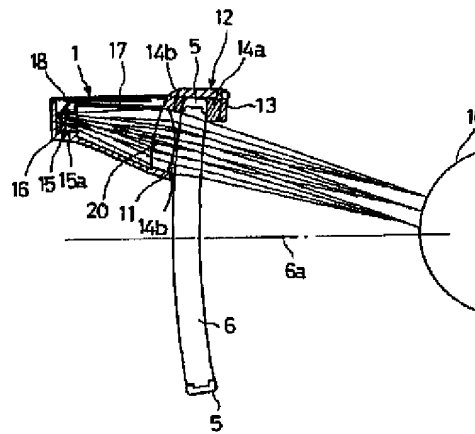
【図 1】

【図 2】

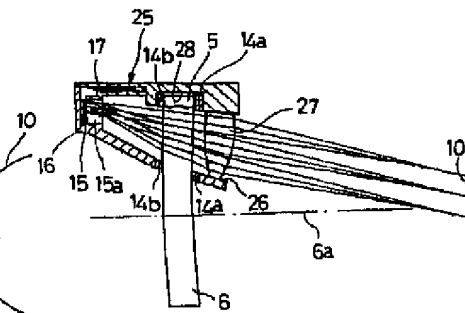
【図 5】



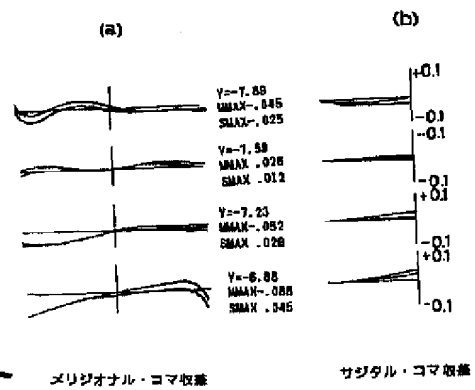
【図3】



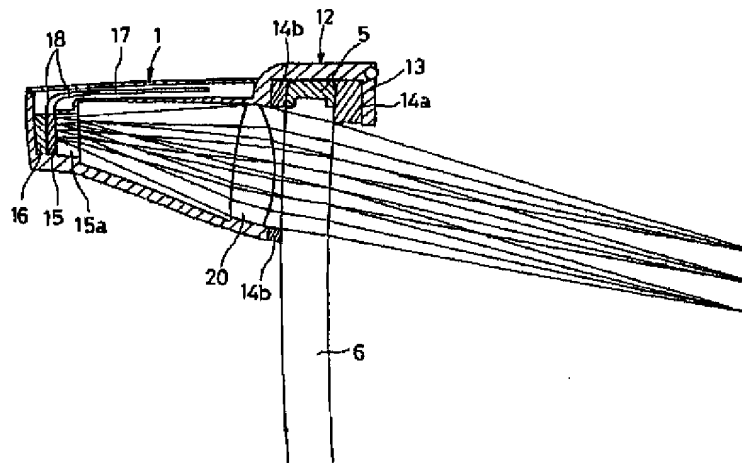
【図6】



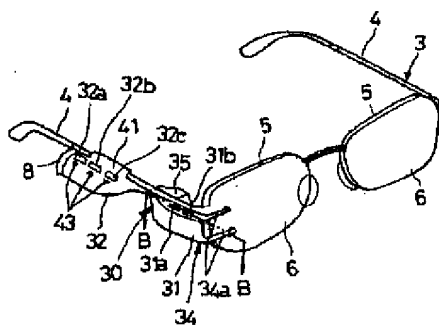
【図7】



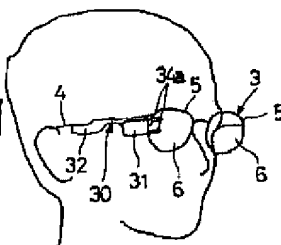
【図4】



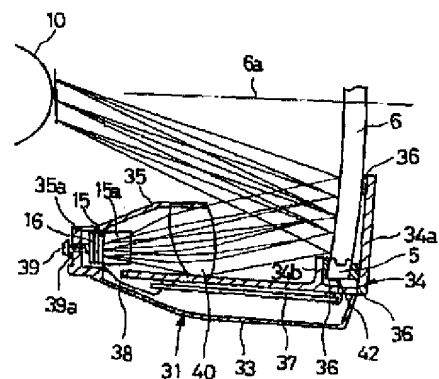
【図8】



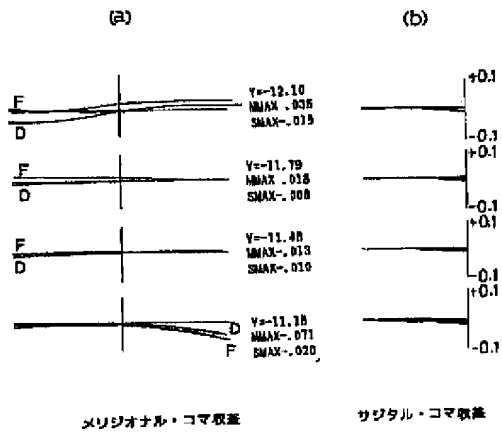
【図9】



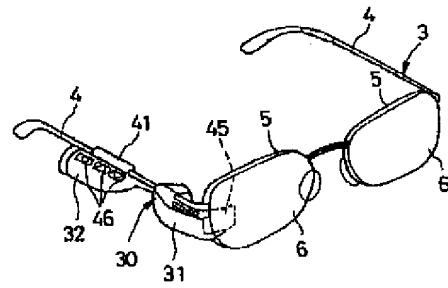
【図10】



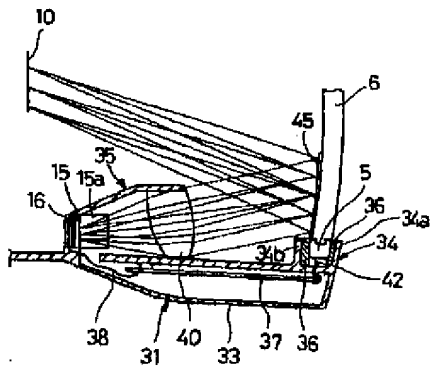
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

